中国农业大学学报 2024,29(8):17-33
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

熊立春,李丽,张智国,程宝栋,王凤婷. 建设农业强国背景下数字化转型对农林企业创新效率的影响[J]. 中国农业大学学报,2024,29(08):17-33.
XIONG Lichun, LI Li, ZHANG Zhiguo, CHENG Baodong, WANG Fengting. Impact of digital transformation on the innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises in the context of building up agricultural power[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(08): 17-33.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.08.02

建设农业强国背景下数字化转型对农林企业创新效率的影响

熊立春[1,2,3] 李 丽[1] 张智国[1] 程宝栋[4] 王凤婷[1,2,3*]

(1. 浙江农林大学 经济管理学院,杭州 311300;
2. 浙江农林大学 生态文明研究院,杭州 311300;
3. 浙江农林大学 浙江省乡村振兴研究院,杭州 311300;
4. 北京林业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘 要 为推动农林企业更好地享有数字化转型红利,提升农林企业创新效率并实现农林企业共同富裕的带动作用,以2009—2020年235个A股农林业上市公司面板数据为基础,使用双向固定效应模型,实证分析了数字化转型对农林企业创新效率的影响。研究表明:1)数字化转型与农林企业创新效率之间存在显著的倒U型影响,适度水平的数字化有利于创新效率提升,超过一定临界点后,数字化水平的提高负向影响创新效率;2)数字化转型通过倒U型曲线效应影响企业风险承担水平,进而影响了创新效率,促成了数字化转型与创新效率之间的倒U型关系;3)企业高管的学术经历负向调节农林企业数字化转型与创新效率之间的倒U型关系。基于上述结论,不仅企业和高管团队要发挥能动作用,而且政府要加快农业新型基础设施和标准体系建设、加强政策针对性、完善数字化转型公共服务平台,加快农业现代化助推农业强国建设的步伐。

关键词 数字化转型; 创新效率; 农林企业; 倒U型; 企业高管

中图分类号 F306 **文章编号** 1007-4333(2024)08-0017-17 **文献标志码** A

Impact of digital transformation on the innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises in the context of building up agricultural power

XIONG Lichun[1,2,3], LI Li[1], ZHANG Zhiguo[1], CHENG Baodong[4], WANG Fengting[1,2,3*]

(1. School of Economics and Management, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;
2. Research Institute for Eco-civilization, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;
3. Research Institute of Zhejiang Rural Revitalization, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;
4. School of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract To promote agricultural and forestry enterprises to better share the dividends of digital transformation, improve their innovation efficiency and achieve the driving role of common prosperity for agricultural and forestry enterprises, based on panel data of 235 A-share agricultural and forestry listed companies from 2009 to 2020, this study uses the two-way fixed effect model to empirically analyze the impact of digital transformation on the innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises. The results show that: 1) There is a significant inverted U-shaped impact between digital transformation and the

收稿日期: 2023-11-04
基金项目: 浙江省哲学社会科学规划研究课题(24ZJQN034YB)
第一作者: 熊立春(ORCID:0000-0003-0219-063X),副教授,主要从事农林业产业经济、农林产品市场与贸易研究,E-mail: lichunxiongzafu@163.com
通讯作者: 王凤婷(ORCID:0000-0002-4641-2970),副教授,主要从事农林业产业经济研究,E-mail: fengtingwang@zafu.edu.cn

innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises. A moderate level of digitization is beneficial for improving innovation efficiency, and when the level goes beyond a certain critical point, the improvement of digitization has a negative impact on innovation efficiency. 2) Digital transformation affects the level of enterprise risk taking through the inverted U-shaped curve effect, thereby affecting innovation efficiency and promoting the inverted U-shaped relationship between digital transformation and innovation efficiency. 3) The academic experience of corporate executives negatively regulates the inverted U-shaped relationship between digital transformation and innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises. To sum up, not only should enterprises and executive teams play an active role, but also the government should speed up the construction of new agricultural infrastructure and standard system, strengthen the pertinence of policies, improve the public service platform for digital transformation, and accelerate the pace of agricultural modernization to promote the construction of agricultural power.

Keywords digital transformation; innovation efficiency; agricultural and forestry enterprises; inverted U-shape; corporate executives

党的二十大报告提出“全面推进乡村振兴,加快建设农业强国”,作为加快建设农业强国的坚实保障,创新是推动中国高水平农业科技自立自强的关键动能。农林业上市公司作为农业科技创新的中流砥柱,在国家技术创新体系中发挥的能动作用将直接对一国农业科技水平产生巨大推动作用[1],同时也是带动农村居民实现共同富裕的重要载体。然而,相对于其他行业的企业创新贡献而言,农林类企业在发展过程中倾向于扩大生产规模,创新积极性低、研发体量小等问题严重制约其创新效率的提升[2]。根据《2022中国涉农企业创新报告》①显示,2021年涉农企业研发投入强度仅为2.61%,且有75%的企业不具备重点科研平台、57%的企业没有研发经费外部支出。为加快建设农业强国、实现高水平农业科技自立自强,农林企业创新效率提升迫在眉睫。

在新一轮的产业和技术革命中,数字经济的蓬勃发展为中国农业强国建设带来了百年一遇的战略契机,为企业数字化转型提供了技术支撑。具体而言,企业数字化转型是指企业利用信息、计算、通信和连接等数字技术,对已有的服务流程、生产结构、管理框架和运营模式等进行深度重构,最终提升企业价值的过程[3]。现有研究肯定了企业数字化转型带来的积极效果,如数字化转型可以改善资本市场表现[4],促进经营绩效[5]和创新绩效[6],提高全要素生产率[7]和企业价值[8]。但部分学者认为数字化转型是一个复杂且长期的过程,在转型前期可能受到数字基础设施建设不足、数字化投入成本过高、员工数字素养较低等问题[9],即“数字化转型阵痛期”,该阶段之后数字化转型对企业创新的驱动作用才能显现,从而呈现出先下降后上升的U型曲线。与之相反,另有研究认为随着数字化范围和要素投入的增加,企业的资源配置扭曲程度也会随之加大[10],若企业无法驾驭数字化的发展模式,反而会导致创新绩效被逐步削弱,从而呈现出先上升后下降的倒U型曲线形状[11]。在农业数字化研究领域,现有文献中有关数字化与农业创新的研究主要集中在理论分析层面,如温涛等[12]认为数字经济与农业农村经济的融合发展有利于降低交易成本以及对生产要素进行优化配置,从而为农业现代化创建良好的创新环境。罗千峰等[13]指出现阶段农业进行数字化转型的关键技术仍不完善,较弱的创新能力制约了数字技术对农业高质量发展的赋能效应;谢康等[14]从数据要素视角发现农业数字化转型关键在于将数据对创新的支撑作用转为驱动作用。

整体而言,数字化转型与创新关系的研究仍存在较大的拓展空间。一方面,现有研究大多聚焦于数字化转型对创新活动的线性关系,没有深入探究数字化转型对企业创新的“双刃剑”作用,即可能存在的非线性影响及其中的影响机制。另一方面,数字化转型与农业创新的研究多集中在农业理论分析层面,对微观企业层面,如农林业上市公司的讨论尚不深入也不充分。鉴于此,本研究基于2009—2020年235个农林业上市公司数据,实证分析数字化转型对农林企业创新效率的影响并探讨企业风险承担水平和企业高管的学术经历在其中发挥的作用,以期为数字要素和农业生产发展的深度融合奠定更加扎实的研究基础。

①资料来源:中国农业科学院2022年12月发布https://www.caas.cn//xwzx/mtxw/c457935486bd4cb78a2c0e5430118620.htm

1　理论分析与研究假说

1.1　数字化转型及农林企业创新效率

数字化转型对农林企业创新效率的促进效应主要体现在以下2个方面。第一，数字化转型在一定程度上缓解了农林企业的融资约束问题。首先，数字技术可以将实体经济数据转化为可被监管机构和金融机构进行风控管理的金融资产，如生物资产浮动抵押贷款模式的推出，通过物联网系统的动态监管、动态评估解决了以往活体养殖物无法被用于银行抵押贷款的难题，有效降低了融资成本。其次，数字系统降低了传统借贷业务高昂的手续费，并且简化了融资流程，有利于金融机构分析评估申请企业资质，避免因信息不对称而错失融资机会[15]。最后，数字技术的运用打破了传统组织边界，减少了企业的信息搜寻成本和通信成本[16]，增强了企业的资源配置效率和内源资金积累，有助于将资源与企业创新项目的风险特征相互匹配，优化了企业融资渠道的选择。第二，数字化转型为农林企业提供了更多的创新机会和创新模式，增强了创新活动的动机。在生产要素方面，数据要素作为一种具有高传播、易复制、强增值性、强外部性的新型生产要素[17]，在价值创造过程中不仅可以将原本非书面化以及粘滞性的知识进行低成本或零成本复制、储存、转移和共享，而且可以将自身价值转移到新产品中，从而为企业创新提供成本优势。在组织形态方面，通过数字技术和数字化平台在采购、生产、设计等环节中的快速传递和反馈机制，企业内部的不同职能部门之间、企业与企业之间能够打破信息传输壁垒，促进知识、数据、技术和资源的跨部门和跨企业流动[18]，逐渐增强的异质性知识扩散效应拓宽了企业创新的广度。

然而，作为一项重构企业传统业务、管理、商业和服务模式的变革活动，数字化转型往往潜伏着巨大的不确定性[19]。当农林企业数字化转型的程度达到某一阈值后，其对创新效率的影响效应可能发生转变。在转型范围方面，将由少数部门扩展到业务中的所有领域，不仅导致组织架构、部门整合、人才引进等多个方面的协调成本大大增加[20]，而且会阻碍企业资源管理效率和增加信息内容使用的生产成本，从而抑制企业的创新投入和产出。在融合应用方面，以数字技术为基础的产品迭代更新速度加快，单一产品和技术创新难以满足更加系统和复杂的转型需求，企业不得不花费大量时间和资本将数字技术进行融合应用，导致企业创新产出进程放缓、直至创新效率下降。在人力资本方面，随着转型重点从技术和设备层面向商业模式的转变，对企业内部的技术人才、应用人才、管理人才都提出了更高的要求，若员工技能无法满足数字化与原有生产活动的匹配要求，则会导致企业创新意识和创新活力不足[21]，最终阻碍企业创新效率的提升。

基于上述分析，本研究提出如下假说：

H1：数字化转型与农林企业创新效率之间呈倒U型曲线关系，即适度水平的数字化有利于创新效率提升，超过一定临界点后，数字化水平的提高抑制企业的创新效率。

1.2　农林企业风险承担水平机制分析

农林企业创新活动是一个长期的、充满不确定性的过程，需要大量的研发费用投入且研发成果转化周期长[22]。而风险承担水平反映的是企业在投资决策时的风险偏好，风险承担水平越高，表明企业越倾向于选择高风险和高收益的投资项目[23]。现有研究认为，不确定性是企业超额利润产生的源泉，作为以盈利为主要目标的经济组织，企业的本质在于承担风险，进而从不确定性中寻求获益机会[24]。而具有较高风险承担水平的企业会迎合市场需求主动探索创新机会，并且在学习新技术、获取新知识以及整合资源过程中更具能动性以谋求未来的高回报，从而激励企业的创新研发活动[25]。

数字化转型与农林企业风险承担水平之间可能存在先促进后抑制的倒U型关系。一方面，关于促进效应。首先，根据代理理论，企业管理层往往比股东更具有风险规避动机，而数字化转型有利于提升企业内外部信息的流转效率和协同水平，进而降低委托代理成本，抑制管理层基于个人利益而选择保守决策、放弃高收益风险项目的偷懒行为[26]，从而增强企业风险承担的动机。其次，基于数字模型和算法分析的数字技术优化了企业在风险识别、风险分析和风险应对3个方面的管理机制和管理流程，提高了对风险信息的处理和利用效率[27]，降低了风险与收益的决策偏差概率，从而提升风险承担水平。另一方面，关于抑制效应。企业数字化转型作为一个动态又复杂的战略变革，对内涉及企业重构，对外涉及多主体之间利益关系的调整，随着数

字化转型的不断深入，企业在战略层面、财务层面、安全层面等方面面临的风险增加，有可能会因为变革速度过快或幅度过大而面临风险失控[28]。

基于上述分析，本研究提出如下假说：

H2：风险承担水平是数字化转型影响农林企业创新效率的重要路径。数字化转型通过倒U型曲线效应影响企业风险承担水平，进而影响了创新效率，促成了数字化转型与创新效率之间的倒U型关系。

1.3 高管学术经历的调节机制分析

烙印理论指出，当个体置身于特定短暂敏感期时，容易受到环境核心特征的影响，进而形成与之相匹配的内在特质，这些特质在后续环境情境发生重大变化后仍能持续存在，这就是烙印的形成过程[29]。基于该理论，一方面，学术研究是利用专业知识并采用严谨方法进行分析和论证的过程，帮助管理者形成理性和细致的思考方式。具有学术经历的管理者可以深入了解问题的本质和内在规律，进而做出更加准确的决策。因此，当农林企业面临系统性、重大和完全的数字化转型情况时，企业的内部和外部环境都发生变化，管理者在进行创新决策时更倾向于选择稳健和保守的经营策略[30]，员工可能会被限制在既定的框架内，抑制员工的创新思维和行动，高管们试图找到一个完美的方案，而不是采取逐步实施的策略。这种对完美的追求可能会导致企业无法及时抓住市场机遇或应对技术变革，从而削弱了数字化转型对创新效率的积极作用。另一方面，具有学术经历的管理者具有探究表象背后的科学规律、创造新知识的学术探究能力，并且对市场需求具有高度的敏感性[31]，可以促进农林企业与其他学术机构、研究组织和行业领先企业的合作与交流，在积极吸收外部资源的同时有效整合内部资源，高管团队将更倾向于支持创新与研发投资决策，研发投入的提升进一步促进工艺水平的升级和新产品开发[32]，从而弱化数字化转型对农林企业创新效率的消极影响。

基于上述分析，本研究提出如下假说：

H3：高管学术经历负向调节农林企业数字化转型与创新效率之间的倒U型关系（图1）。

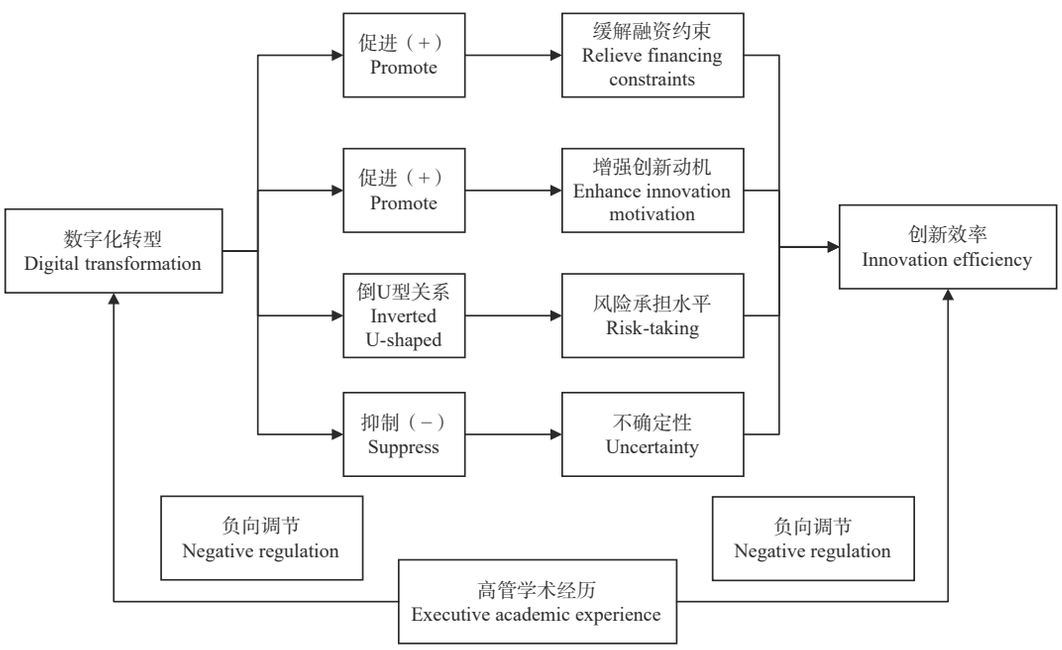

图1 数字化转型与农林企业创新效率机制

Fig. 1 Mechanism of digital transformation and innovation efficiency of agricultural and forestry enterprises

2 研究方法与数据来源

2.1 数据来源

考虑到2007年新会计准则的变化以及2008年全球金融危机可能对实证结果产生的可能偏差影响，本研究选择2009—2020年中国A股农林业上市公司为研究对象，借鉴以往研究对农林企业的界定，将农林牧渔业，以及产品为农林牧渔业所用、直接使用农林牧渔业产品和依托农林牧渔业资源所

衍生出来的二三产业的企业视为农林企业[33]。上市公司财务报表、公司专利、高管学术经历等数据主要来源于CSMAR①和WIND数据库②，企业数字化转型的数据来自上海证券交易所、深圳证券交易所A股上市农林企业的年度报告。城市层面的相关经济数据来自于历年《中国统计年鉴》[34]和《中国城市统计年鉴》[35]。鉴于部分企业上市状态与行业特征不符合研究要求，本研究对数据做出以下处理：剔除被ST和退市等特殊处理的公司样本；剔除金融类上市公司样本；利用线性插值法对个别缺失数据进行补全。最终得到了235家上市公司的2 135个观测值。此外，为避免异常值的干扰，本研究对所有连续变量进行双边1%缩尾处理，并在回归中基于企业层面对标准误进行了聚类稳健调整。

2.2　变量选取

本研究被解释变量为企业创新效率（ET）。创新效率衡量的是创新资源的投入产出比，涉及创新产出和创新投入2个方面。在创新产出方面，由于中国专利涵盖发明专利、实用新型和外观设计3种类型，而相比于实用新型和外观设计专利，发明专利所涵的技术水平较高且获取难度较大，实用性更强，属于企业实质性创新。同时，考虑到企业从投入创新资源到获得专利成果之间需要一定的时间，因此，借鉴权小锋等[36]的做法，采用第$t+1$年申请且最终被授予的发明专利数量的对数值$\ln(1+\mathrm{PAT}_{t+1})$与第$t$年的研发投入的对数值$\ln(1+\mathrm{RD}_t)$之比衡量农林企业$i$第$t$年的创新效率。具体公式如下：

$$\mathrm{ET}_{i,t}=\frac{\ln\left(1+\mathrm{PAT}_{t+1}\right)}{\ln\left(1+\mathrm{RD}_t\right)} \tag{1}$$

本研究核心解释变量数字化转型用企业数字化水平（Dig）表示。如何准确量化企业数字化水平是现阶段研究的重点和难点，其中，文本分析法由于可以多角度且可比地反映出企业数字化水平的差异，具有科学性和可行性，已经成为衡量数字化水平的主流方法[5,7-8]。因此，本研究使用Python软件的爬虫功能收集整理农林上市公司的年度报告，在提取所有文本内容后，统计与“数字化转型”相关的关键词的词频数量，最后用加一取对数后的值来表示企业数字化水平。在关键词的选择上，参考吴非等[4]构建的数字化转型结构化特征词图谱，包括人工智能、大数据、云计算、区块链等底层技术运用和技术实践运用2个层面。

本研究机制变量为企业风险承担水平（Risk）。由于农林企业的创新活动会受到自然条件影响，其盈利波动性较大，因此本研究参考何瑛等[37]的方法，采用Roa波动程度来衡量企业风险承担水平，盈利波动性越大，说明企业风险承担水平越高，其中Roa使用息税前利润（EBIT）与年末总资产（ASSET）的比值衡量。具体计算方法为，首先按照二级行业的分类将Roa进行行业平均值调整，得到Adj_ROA，接着以每3年（t年至$t+2$年）作为一个观测时段，分别滚动计算经行业调整后的Adj_ROA的标准差和极差，分别表示为Risk1和Risk2。具体计算公式如下：

$$\mathrm{Adj_Roa}_{i,t}=\frac{\mathrm{EBIT}_{i,t}}{\mathrm{ASSET}_{i,t}}-\frac{1}{X}\sum_{k=1}^{X}\frac{\mathrm{EBIT}_{i,t}}{\mathrm{ASSET}_{i,t}} \tag{2}$$

$$\mathrm{Risk1}_{i,t}=\sqrt{\frac{1}{T-1}\sum_{t=1}^{T}\left(\mathrm{Adj_Roa}_{i,t}-\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\mathrm{Adj_Roa}_{i,t}\right)^2}\ \Big|T=3 \tag{3}$$

$$\mathrm{Risk2}_{i,t}=\mathrm{Max}\left(\mathrm{Adj_Roa}_{i,t}\right)-\mathrm{Min}\left(\mathrm{Adj_Roa}_{i,t}\right) \tag{4}$$

本研究调节变量为高管学术经历（Aca）。借鉴已有研究[38]，用高管团队内拥有学术经历的人数在高管团队总人数中所占的比例来衡量高管学术经历。其中，高管团队包括CEO、董事长、总经理、CFO、财务总监和财务负责人等，学术经历指曾在或正在高校任教、科研机构任职或者协会从事科研工作的经历。

本研究从企业、行业、城市层面选取控制变量[39]。在企业层面，选择企业规模（Size）、企业年龄（Age）、资产收益率（Roa）、资产负债率（Lev）、企业成长性（Gro）、托宾Q值（Tobin）、董事会规模（Board）、独立董事比例（Indep）、股权集中度（First）、机构持股比例（Inst）作为控制变量。在行业层面，选择赫芬达尔-赫希曼指数来表示行业集中度（HHI）。在城市层面，选择上市公司所在城市的经济发展水平（Pgdp）和外商直接投资（Fdi）作为控制变量，并将所有名义变量利用GDP平减指数调整

①深圳希施玛数据科技有限公司。https://data.csmar.com/

②万得信息技术股份有限公司。https://www.wind.com.cn/

为以2009年为基期的不变价格。此外，本研究控制了时间固定效应、行业固定效应和企业固定效应，其中行业划分使用中国证券监督管理委员会《上市公司行业分类指引》(2012年修订)中的二级行业分类。

表1为变量说明与描述性统计结果。可知，本研究所选农林企业创新效率的均值为0.054，标准差为0.078，最大值和最小值分别为0.365和0，表明农林企业将创新投入转化为创新产出的效率普遍较低；农林企业数字化水平的均值为1.006，标准差为1.008，最大值和最小值分别为5.011和0，表明农林企业的数字化水平存在不均衡性，部分企业的数字化水平较高，而部分企业尚未开始数字化转型。此外，进行VIF分析后发现各变量VIF值介于1.06～1.91，均<10，均值为1.46，表明模型不存在严重多重共线性问题。

表1 变量说明与描述性统计

Table 1 Variable description and descriptive statistics

变量 Variable	变量定义 Construction method	符号 Symbol	均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min	最大值 Max
创新效率 ET	$\ln(1+PAT_{t+1})/\ln(1+RD_t)$	ET	0.054	0.078	0.000	0.365
数字化水平 Dig	使用文本分析法计算得到	Dig	1.006	1.088	0.000	5.011
风险承担水平 Risk	盈利波动程度(标准差)	Risk1	0.040	0.041	0.001	0.348
	盈利波动程度(极差)	Risk2	0.070	0.076	0.001	0.671
高管学术经历 Aca	拥有学术经历的人数/高管团队总人数	Aca	0.080	0.134	0.000	0.600
企业规模 Size	总资产的对数	Size	21.931	1.043	19.241	26.086
企业年龄 Age	企业成立年限的对数	Age	2.063	0.896	0.693	3.367
资产收益率 Roa	净利润/总资产	Roa	0.047	0.091	−1.880	0.526
资产负债率 Lev	总负债/总资产	Lev	0.393	0.226	0.027	4.596
企业成长性 Gro	年度营业收入增长率	Gro	0.538	0.160	0.089	0.956
托宾Q值 Tobin	企业市场价值/企业重置成本	Tobin	2.299	1.588	0.472	22.321
股权集中度 First	第一大股东持股×100%	First	36.480	14.726	4.080	95.950
机构持股比例 Inst	机构持股数量/总股数	Inst	0.405	0.243	0.000	0.930
董事会规模 Board	董事会人数	Board	8.504	1.719	4.000	17.000
独立董事比例 Indep	独立董事人数/董事会人数	Indep	0.383	0.064	0.143	0.800
行业集中度 HHI	HHI指数	HHI	0.274	0.123	0.013	0.789
经济发展水平 Pgdp	城市人均gdp的对数	Pgdp	11.056	0.654	8.357	13.056
外商直接投资 Fdi	城市实际使用外资金额的对数	Fdi	11.418	1.787	2.996	14.941

2.3 模型设定

为检验数字化水平与农林企业创新效率之间的非线性关系，本研究在线性回归模型的基础上引入数字化水平的平方项，构建如下基准模型：

$$ET_{it}=\alpha_0+\alpha_1 Dig_{it}+\alpha_2 Dig_{it}^2+\gamma Controls_{ijct}+\sum Year+\sum Ind+\sum Firm+\varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中：i、j、c、t分别为上市公司、行业、城市以及年份，ET_{it}为农林企业i第t年的创新效率，Dig_{it}为农林企业i第t年的数字化水平，Dig_{it}^2为农林企业i第t年数字化水平的平方项，$Controls_{ijct}$为一系列企业层面、行业层面和城市层面的控制变量，ε_{it}为随机扰动项。此外，为更加准确地识别出数字化水平对农林

企业创新效率的影响，本研究还控制了时间固定效应 Year、行业固定效应 Ind 和企业固定效应 Firm。

3　结果与分析

3.1　数字化水平对农林企业创新效率的影响

为验证数字化水平与农林企业创新效率间的倒 U 型关系，本研究借鉴 Lind 等[40]的方法进行严格检验。第一，要求一次项系数显著为正，二次项系数显著为负。表 2 模型 1 为未加入控制变量的回归结果，结果显示，数字化水平（Dig）回归系数显著为正（$\alpha=0.014$，$P<0.01$），其平方项（Dig^2）显著为负（$\alpha=-0.004$，$P<0.01$）。模型 2、3 和 4 为分别加入企业层面控制变量、行业层面控制变量和城市层面控制变量的回归结果，Dig 和 Dig^2 的系数与模型（1）一致，且都在 1% 水平下显著，满足条件 1。

表 2　基准模型回归结果

Table 2　Regression results of benchmark model

变量 Variable	创新效率 ET			
	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model	模型 4 Model 4
数字化水平	0.014***	0.014***	0.014***	0.013***
Dig	（0.005）	（0.005）	（0.005）	（0.005）
数字化平方项	−0.004***	−0.004***	−0.004***	−0.004***
Dig^2	（0.001）	（0.001）	（0.001）	（0.001）
企业规模		−0.004	−0.004	−0.004
Size		（0.005）	（0.005）	（0.005）
企业年龄		−0.008	−0.008	−0.008
Age		（0.006）	（0.007）	（0.007）
资产收益率		−0.031*	−0.030*	−0.030*
Roa		（0.017）	（0.016）	（0.016）
资产负债率		0.005	0.005	0.005
Lev		（0.009）	（0.009）	（0.009）
企业成长性		0.004	0.004	0.003
Gro		（0.020）	（0.020）	（0.020）
托宾 Q 值		−0.001	−0.001	−0.001
Tobin		（0.001）	（0.001）	（0.001）
股权集中度		−0.001***	−0.001***	−0.001***
First		（0.000）	（0.000）	（0.000）
机构持股比例		0.020*	0.020*	0.020*
Inst		（0.011）	（0.012）	（0.011）
董事会规模		0.001	0.001	0.000
Board		（0.002）	（0.002）	（0.002）

表2（续）

变量 Variable	创新效率 ET			
	模型1 Model 1	模型2 Model 2	模型3 Model	模型4 Model 4
独立董事比例		−0.019	−0.019	−0.022
Indep		（0.048）	（0.047）	（0.049）
行业集中度			0.014	0.014
HHI			（0.014）	（0.014）
经济发展水平				0.013**
Pgdp				（0.006）
外商直接投资				−0.001
Fdi				（0.003）
常数项	−0.049	0.088	0.080	−0.038
_cons	（0.044）	（0.121）	（0.120）	（0.139）
时间效应 Year	控制	控制	控制	控制
行业效应 Industry	控制	控制	控制	控制
企业效应 Firm	控制	控制	控制	控制
R^2	0.112	0.130	0.130	0.132
样本量 N	2 135	2 135	2 135	2 135

注：*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平上显著，括号内为聚类到企业层面的稳健标准误，若无特殊说明，下同。模型1～4分别为未加入控制变量，加入企业层面控制变量、行业层面控制变量和城市层面控制变量的回归结果。

Note: *, ** and *** indicate significant at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively. The robust standard error of clustering to the enterprise level is shown in parentheses. Unless otherwise specified, the same applies below. Model 1 to 4 show the regression results with no control variables added, enterprise level control variables added, enterprise and industry-level control variables added, and enterprise, industry, and city-level control variables added, respectively.

第二，对于倒U型关系，曲线左右端点处要明显陡峭，当Dig取最小值Dig_{min}时曲线斜率为正，当Dig取最大值Dig_{max}时曲线斜率为负。第三，拐点值在样本数据的取值范围内。表3结果表明，模型1～4的结果均满足条件2和3。以模型4为例，Dig拐点值为1.793，处于取值区间0～5.011，左端点和右端点的斜率分别为0.013和−0.024，不等于零且先正后负，显著性及置信区间都能通过检验。综上，表2和3的结果表明数字化水平对农林企业创新效率的影响存在区间效应，即在拐点之前，数字化水平的提升可以促进企业创新效率，但随着数字化水平的持续增高超过拐点后，企业面临着转型范围增加、数字技术融合应用难度增大、数字人才团队要求提高等多方压力，最终对创新效率产生抑制作用，整体呈现出先上升后下降的倒U型非线性关系，假说H1得到验证。

进一步分析表2模型4的倒U型曲线拐点两侧样本的分布特征，在拐点左侧有1 597个样本观测值，表明有74.8%的农林业上市公司处于数字化转型初期，数字化水平的提升对企业创新效率能够起到积极的辅助和助推作用。有538个样本分布在倒U型曲线拐点右侧，表明有25.2%的农林业上市公司的创新产出面临着数字化水平过高带来的消极影响，这部分公司如果继续进行数字化转型将会抑

表 3　倒 U 型检验结果

Table 3　Results of inverted U-shape

U-test 检验		模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4
区间 Interval	下限	0.000	0.000	0.000	0.000
	上限	5.011	5.011	5.011	5.011
端点斜率 End slopes	左端点	0.014	0.014	0.014	0.013
	右端点	−0.027	−0.025	−0.024	−0.024
端点斜率显著性 Significance of end slopes	左端点	(3.06)***	(3.01)***	(2.97)***	(2.97)***
	右端点	(−2.53)***	(−2.40)***	(−2.35)***	(−2.35)***
拐点 Inflection point		1.741	1.791	1.805	1.793
Fieller 置信区间 Fieller confidence interval		[1.066,3.058]	[1.046,3.370]	[1.044,3.483]	[1.032,3.467]
H1 整体显著性 H1 overall significance		(2.53)***	(2.40)***	(2.35)***	(2.35)***

注：端点斜率及 H1 检验整体显著性括号内的数值为 t 值；极值点 Fieller 置信区间的置信水平为 95%。H1：倒 U 型；H0：单调或 U 型（被解释变量：ET；解释变量：Dig 和 Dig^2）

Note: The values in parentheses for endpoint slope and overall significance of H1 test are t-values and the confidence level of the Fieller confidence interval for extreme points is 95%. H1: Inverted U-shaped; H0: Monotonic or U-shaped (Explained variable: ET; Explanatory variables: Dig and Dig^2)

制公司内部的创新活力和意愿。拐点两侧样本分布特征表明现阶段中国大部分农林业上市公司仍处于数字化转型初期，整体数字化水平偏低，少数企业处于因为数字化的深入而抑制企业创新效率的困境之中。

3.2　稳健性检验

3.2.1　更换数字化水平衡量方式

借鉴庞瑞芝等[41]的研究，采用数字化相关硬件和软件的投资占企业总资产的比重（Dig_）作为数字化水平的替换测量指标，加入平方项（$Dig_^2$）后的回归结果如表 4 模型 1 所示。回归结果表明，数字化水平及其平方项的系数分别在 10% 和 5% 水平上显著为正和为负，且通过了 U-test 倒 U 型关系检验，与前述回归结果相同。

3.2.2　更换创新效率衡量方式

借鉴权小锋等[36]的研究，采用全部专利的申请数量衡量企业创新的产出规模。由于 3 种专利对企业创新程度的贡献存在差异，本研究将发明、实用新型和外观设计专利按 1∶1/2∶1/3 的比例重新衡量专利产出规模，并与研发投入的对数值之比作为创新效率的替换测量指标。回归结果如表 4 模型 2 所示，数字化水平及其平方项的系数都在 1% 显著水平下分别为正和为负，且通过了 U-test 倒 U 型关系检验，进一步证明了假说 H1。

3.3　内生性分析

由于可能存在潜在的反向因果和遗漏变量问题，本研究选择工具变量的两阶段最小二乘法（2SLS）缓解内生性问题。

在工具变量的构造上，第一，借鉴赵璨等[42]的研究，选择企业办公地所在省份的互联网宽带端口接入数作为第一个工具变量（Internet）。一方面，互联网宽带端口接入数可以促进地区通信网络与信息技术的发展，进而促进企业的数字化水平[43]，满足相关性条件；另一方面，省份层面的互联网宽带端口接入数并不会直接作用于单个企业的创新效率，满足外生性条件。第二，借鉴 Tang 等[44]的研究，选择企业办公地所在城市的人均移动电话数量作为第二个工具变量（Mobile）。一方面，地区的人

表4 稳健性检验结果

Table 4 Results of robustness

变量 Variable	创新效率 ET 模型1 Model 1	创新效率 ET 模型2 Model 2	变量 Variable	创新效率 ET 模型1 Model 1	创新效率 ET 模型2 Model 2
数字化水平		0.014***	机构持股比例	0.019*	0.015
Dig		(−0.005)	Inst	(−0.011)	(−0.012)
数字化平方项		−0.004***	董事会规模	0.000	−0.001
Dig^2		(−0.002)	Board	(−0.002)	(−0.002)
数字化水平	0.255*		独立董事比例	−0.028	−0.053
Dig_	(−0.139)		Indep	(−0.048)	(−0.056)
数字化平方项	−0.905**		行业集中度	0.015	0.005
$Dig_^2$	(−0.397)		HHI	(−0.016)	(−0.021)
企业规模	−0.002	−0.004	经济发展水平	0.014**	0.016**
Size	(−0.005)	(−0.006)	Pgdp	(−0.006)	(−0.008)
企业年龄	−0.008	−0.007	外商直接投资	−0.001	0.003
Age	(−0.007)	(−0.008)	Fdi	(−0.003)	(−0.004)
资产收益率	−0.029*	−0.052**	常数项	−0.081	−0.091
Roa	(−0.016)	(−0.021)	_cons	(−0.146)	(−0.167)
资产负债率	0.006	0.012	时间效应 Year	控制	控制
Lev	(−0.010)	(−0.011)	行业效应 Industry	控制	控制
企业成长性	0.011	0.030	企业效应 Firm	控制	控制
Gro	(−0.021)	(−0.022)	R^2	0.130	0.161
托宾Q值	−0.001	−0.001	样本量 N	2135	2135
Tobin	(−0.001)	(−0.001)	U-test检验	(1.83)**	(2.53)***
股权集中度	−0.001***	−0.001***			
First	(0.000)	(0.000)			

注：U-test检验报告的是倒U型关系整体显著性的t值，下同。模型2的创新效率为发明、实用新型和外观设计专利的申请数量按1∶1/2∶1/3的权重分配后再加1的对数值与研发投入对数值的比值。模型1的创新效率同表2。

Note: The U-test test report shows the t-value of the overall significance of the inverted U-shaped relationship. The same below. The innovation efficiency of Model 2 is the ratio of the logarithmic value of invention, utility model, and design patent applications distributed in a 1∶1/2∶1/3 ratio, plus 1, to the logarithmic value of R&D investment. The innovation efficiency of Model 1 is the same as in Table 2.

均移动电话数量的变化会影响到数字技术在企业转型过程中的应用程度[45]，满足相关性条件；另一方面，该地区的人均移动电话数量也不会直接影响到企业的创新效率，满足外生性条件。因此，这是两个比较合适的工具变量，以上数据来源于国家统计局和《中国城市统计年鉴》[35]。

表5报告了2SLS的回归结果，其中，第一阶段回归结果显示工具变量与内生变量均显著相关，第

二阶段的K-P rk LM统计量为19.136，且在1%的统计水平下显著，显著拒绝“工具变量识别不足”的原假设。在弱工具变量检验中，K-P rk Wald F统计量大于Stock-Yogo在10%水平上的临界值，说明不存在弱工具变量问题。由于工具变量与内生变量数量相等，因此不存在过度识别问题。此外，DWH检验在1%的显著性水平下拒绝模型的原假设，说明存在内生性问题。第二阶段的回归结果显示数字化水平对农林企业创新效率的影响依然显著为倒U型，并通过了U-test检验，本研究结论依然成立。

表5　工具变量法检验结果

Table 5　Results of instrumental variable method

变量 Variable	第一阶段 Phase 1		第二阶段 Phase 2
	数字化水平 Dig	数字化平方项 Dig^2	创新效率 ET
数字化水平			0.256***
Dig			(0.067)
数字化平方项			−0.082***
Dig^2			(0.022)
互联网宽带端口接入数	0.000 029**	0.000 145***	
Internet	(0.000 014)	(0.000 049)	
人均移动电话数量	0.006***	0.011*	
Mobile	(0.002)	(0.006)	
企业规模	0.181***	0.407***	−0.016**
Size	(0.023)	(0.072)	(0.006)
企业年龄	−0.037	−0.171*	−0.001
Age	(0.029)	(0.095)	(0.004)
资产收益率	−0.512**	−1.512*	−0.036
Roa	(0.260)	(0.848)	(0.040)
资产负债率	0.129	0.347	−0.007
Lev	(0.103)	(0.325)	(0.014)
企业成长性	0.456***	1.239***	0.029
Gro	(0.137)	(0.405)	(0.023)
托宾Q值	0.033**	0.090**	−0.001
Tobin	(0.013)	(0.039)	(0.002)
股权集中度	−0.000	−0.002	−0.000**
First	(0.002)	(0.005)	(0.000)
机构持股比例	−0.006	−0.066	0.016
Inst	(0.113)	(0.376)	(0.014)
董事会规模	−0.006	−0.026	−0.005***
Board	(0.012)	(0.034)	(0.002)

表5（续）

变量 Variable	第一阶段 Phase 1		第二阶段 Phase 2
	数字化水平 Dig	数字化平方项 Dig^2	创新效率 ET
独立董事比例	0.775**	2.431**	−0.081*
Indep	（0.352）	（1.151）	（0.048）
行业集中度	0.034	−0.810	−0.039
HHI	（0.213）	（0.646）	（0.031）
经济发展水平	0.063	0.146	−0.009
Pgdp	（0.044）	（0.122）	（0.006）
外商直接投资	0.041***	0.113***	0.001
Fdi	（0.014）	（0.041）	（0.002）
常数项	−5.442***	−12.659***	0.526***
_cons	（0.608）	（1.814）	（0.187）
时间效应 Year	控制	控制	控制
行业效应 Industry	控制	控制	控制
企业效应 Firm	控制	控制	控制
样本量 N	2 135	2 135	2 135
不可识别检验（K-P rk LM）			19.136***
弱识别检验（K-P Wald rk F）			8.193
U-test检验			（3.34）***

3.4 影响机制分析

为检验前述机制，借鉴江艇[46]的方法，设定如下模型（6）进行影响机制分析：

$$Risk_{it} = \beta_0 + \beta_1 Dig_{it} + \beta_2 Dig_{it}^2 + \sigma Controls_{ijct} + \sum Year + \sum Ind + \sum Firm + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中：$Risk_{it}$为企业风险承担水平，其余变量与模型（5）相同。表6模型1和2的回归结果显示，数字化水平及其平方项都分别显著为正和为负，且均通过了U-test检验。从已有研究[47]来看，随着企业风险承担的意愿和程度的提升，为了确保风险收益，企业会开发或重组创新资源以追逐潜在的机会，但超过某一门槛时，企业的风险承担能力需与创新能力相适应和匹配，此时过度承担风险不利于企业把握创新识别和利用的机会，降低了企业的创新性。综上，数字化水平对风险承担水平的倒U型影响会使创新效率发生相应变化，进而促成了数字化水平与创新效率之间的倒U型关系，验证了假说H2。

表6 影响机制及调节效应检验结果

Table 6 Results of the impact mechanism and regulatory effect

变量 Variable	模型1：风险承担水平1 Model 1：Risk 1	模型2：风险承担水平2 Model 2：Risk 2	模型3：创新效率 Model 3：ET
数字化水平	0.007**	0.014***	0.016***
Dig	（−0.003）	（−0.005）	（−0.005）
数字化平方项	−0.002**	−0.004**	−0.005***

表6（续）

变量 Variable	模型1：风险承担水平1 Model 1：Risk 1	模型2：风险承担水平2 Model 2：Risk 2	模型3：创新效率 Model 3：ET
Dig^2	（−0.001）	（−0.002）	（−0.001）
企业规模	0.002	0.009*	−0.005***
Size	（−0.003）	（−0.005）	（−0.002）
企业年龄	−0.003	−0.015**	0.004*
Age	（−0.003）	（−0.006）	（−0.002）
资产收益率	−0.005	−0.028	−0.041*
Roa	（−0.013）	（−0.025）	（−0.022）
资产负债率	−0.002	−0.001	0.000
Lev	（−0.006）	（−0.012）	（−0.009）
企业成长性	0.006	−0.012	0.047***
Gro	（−0.010）	（−0.019）	（−0.012）
托宾Q值	0.001	0.003*	0.000
Tobin	（−0.001）	（−0.001）	（−0.001）
股权集中度	0.000	0.000	−0.000***
First	（0.000）	（0.000）	（0.000）
机构持股比例	−0.007	0.007	0.021**
Inst	（−0.006）	（−0.012）	（−0.009）
董事会规模	0.000	−0.002	−0.005***
Board	（−0.001）	（−0.002）	（−0.001）
独立董事比例	−0.023	−0.075*	−0.079***
Indep	（−0.022）	（−0.042）	（−0.028）
行业集中度	−0.015	−0.032	0.037**
HHI	（−0.010）	（−0.020）	（−0.019）
经济发展水平	0.000	0.012	−0.006*
Pgdp	（−0.005）	（−0.009）	（−0.004）
外商直接投资	−0.001	−0.003	0.002
Fdi	（−0.002）	（−0.003）	（−0.001）
高管学术经历			0.033**
Aca			（−0.013）
数字化水平×高管学术经历			−0.077***
Dig×Aca			（−0.029）
数字化平方项×高管学术经历			0.015*
Dig^2×Aca			（−0.009）
常数项	0.017	−0.175	0.239***
_cons	（−0.074）	（−0.140）	（−0.052）
时间效应 Year	控制	控制	控制
行业效应 Industry	控制	控制	控制
企业效应 Firm	控制	控制	控制
R^2	0.327	0.319	0.170
样本量 N	2 135	2 135	2 135
U-test检验	（2.07）**	（1.82）**	

3.5 高管学术经历的调节效应

检验高管学术经历对农林企业数字化水平与创新效率倒U型关系的调节作用，如式(7)。

$$\mathrm{ET}_{it}=\alpha_0+\alpha_1\mathrm{Dig}_{it}+\alpha_2\mathrm{Dig}_{it}^2+\alpha_3\mathrm{Aca}_{it}+\alpha_4\mathrm{Dig}_{it}\times\mathrm{Aca}_{it}+\alpha_5\mathrm{Dig}_{it}^2\times\mathrm{Aca}_{it}+\gamma\mathrm{Controls}_{ijct}+\sum\mathrm{Year}+\sum\mathrm{Ind}+\sum\mathrm{Firm}+\varepsilon_{it} \tag{7}$$

参考Hanns等[48]关于U型（或倒U型）的检验方法，检验高管学术经历在数字化水平与农林企业创新效率中的调节作用，包括2个部分：一是倒U型曲线拐点是向左移动还是向右移动，二是倒U型曲线的形状是变得平缓还是陡峭。

将非线性关系调节模型设定为如下：

$$Y=\gamma_0+\gamma_1X+\gamma_2X^2+\gamma_3XZ+\gamma_4X^2Z+\gamma_5Z \tag{8}$$

式中：Z为调节变量。在检验第1部分时，令Y对X的一阶导数为0，此时即为拐点，拐点为：

$$X^*=\frac{-(\gamma_1+\gamma_3Z)}{2(\gamma_2+\gamma_4Z)} \tag{9}$$

此时拐点与调节变量Z有关，根据式(9)对调节变量Z求导得：

$$\frac{\partial X^*}{\partial Z}=\frac{\gamma_1\gamma_4-\gamma_2\gamma_3}{2(\gamma_2+\gamma_4Z)^2} \tag{10}$$

由于分母始终>0，故拐点移动方向取决于分子的正负，当$\gamma_1\gamma_4-\gamma_2\gamma_3>0$时，倒U型曲线拐点会向右移动，否则会向左移动。

在检验第2部分时，需看γ_4的正负及其显著性，若$\gamma_4>0$且通过显著性检验，则倒U型曲线会变得更平缓，若$\gamma_4<0$且通过显著性检验，则倒U型曲线会变得更陡峭。表6模型3为高管学术经历对农林企业数字化水平与创新效率的调节效应回归结果，计算可得$\gamma_1\gamma_4-\gamma_2\gamma_3=-0.0002<0$，表明农林企业数字化水平与创新效率间的倒U型曲线拐点向左移动。此外，数字化水平平方项与高管学术经历交互项的系数$\gamma_4=0.015>0$，且在10%水平下通过显著性检验，说明倒U型曲线会变得更加平缓，即高管学术经历的增加会弱化数字化水平与创新杯效率之间的倒U型关系，假说H3得到验证。

4 讨论与结论

本研究基于2009—2020年中国A股农林业上市公司数据，实证分析了数字化转型与农林企业创新效率之间的非线性关系及其中的影响机制。研究发现：

首先，在数字化转型前期，数字化转型缓解了农林企业的融资约束问题，并通过打破信息传递壁垒、促进知识传播效率等方式拓宽了农林企业创新的广度，从而促进了农林企业创新效率的提升。但当数字化转型的程度达到某一阈值后，受到转型范围、数字技术融合应用、人力资本3个方面的压力，促进作用转为抑制作用，整体呈现倒U型的形状。这一结果在通过稳健性检验和利用工具变量法解决内生性问题后依然成立。

其次，企业风险承担水平是数字化转型影响农林企业创新效率的重要路径。数字化转型通过倒U型曲线效应影响农林企业风险承担水平，进而促成了数字化转型与农林企业创新效率之间的倒U型关系。

最后，企业高管学术经历负向调节农林企业数字化转型与创新效率之间的倒U型关系，使原来的倒U型曲线拐点向左移动且变得更加平缓。

根据以上研究结论，得出的政策启示如下：

第一，对于农林企业来说，首先应当充分认识到数字化转型的紧迫感，加强数字化转型意识，明确数字化转型的战略目标、路径和资源需求。其次，应当充分意识到数字化转型的“双刃剑”作用。随着企业数字化转型的不断深入，除了看到数字化转型为企业带来的收益，更要意识到数字化转型程度与企业能力不匹配而存在的潜在风险。在转型后期，企业不仅要平衡好产品前后端、高中层和不同部门之间的沟通协调，还应完善风险识别、风险分析、风险预测等风险管理技术手段，打造涵盖战略风险、财务风险、安全风险等领域的风险量化指标体系，健全数字化监测预警管控系统。

第二，对于农林企业的高管团队来说，首先应积极提升自身的数字化能力，包括对数字化技术的理解、数字化业务的运营经验以及数字化管理的思维方式等，通过不断学习和实践，更好地引领企业的数字化转型。其次要培养数字化人才，吸引具有数字化技能和经验的人才加入企业，并为企业内部员工提供数字化培训和发展机会，以构建具备数字化能力的团队。此外，还可以制定数字化考核指标，对企业数字化转型的成果进行评估和监测，以便及时发现问题并采取改进措施。最后应持续关

注市场动态和行业趋势，了解同领域竞争对手的数字化进展和客户需求的变化，根据市场变化及时调整数字化战略，保持企业的竞争力和创新力。

第三，农林企业数字化转型是一项长期的系统性工程，除了企业自身的能动作用之外，还依赖政府的引导作用。具体来说，首先，各地政府要加快农业领域的新型基础设施和标准体系建设，夯实数字经济与实体经济发展底座，以新基建助力加速农业数字化转型进程。其次，政府在制定数字化转型政策时需“因企制宜”，加强不同类型农林企业之间的针对性，避免“一刀切”。在激励农林企业创新方面，进一步深化政策激励措施，不断拓宽对农林企业特别是民营企业数字化转型的融资支持方式和渠道，加强政府减税、补贴等具体政策的系统化和规范化。最后，引导地方完善数字化转型扶持政策和公共服务平台，打造一批可复制易推广的数字化转型“小灯塔”企业，带动其他农林企业数字化转型步伐，从而促进农业产业数字化的发展。

参考文献　References

[1] 王亚飞，黄勇，唐爽．龙头企业与农户订单履约效率及其动因探寻：来自91家农业企业的调查资料[J]．农业经济问题，2014，35(11)：16-25
Wang Y F, Huang Y, Tang S. Exploring the efficiency and motivation of order fulfillment between leading enterprises and farmers: A survey of 91 agricultural enterprises [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2014, 35 (11): 16-25 (in Chinese)

[2] 胡宝贵，庞洁．企业技术创新效率与协同主体相关关系：基于农业产业化龙头企业的实证分析[J]．经济问题，2016(2)：74-79
Hu B G, Pang J. A research on empirical analysis of technological collaborative innovation of agricultural industrialization leading enterprises: Based on dynamic DEA and multinomial logistic regression model[J]. *On Economic Problems*, 2016(2): 74-79 (in Chinese)

[3] Satish N, Kalle L, Ann M, Michael S. Digital innovation management [J]. *MIS Quarterly*, 2017, 41(1): 223-238

[4] 吴非，胡慧芷，林慧妍，任晓怡．企业数字化转型与资本市场表现：来自股票流动性的经验证据[J]．管理世界，2021，37(7)：130-144
Wu F, Hu H Z, Lin H Y, Ren X Y. Enterprise digital transformation and capital market performance: Empirical evidence from stock liquidity[J]. *Management World*, 2021, 37(7): 130-144 (in Chinese)

[5] 熊立春，赵利媛，侯柘，程宝栋，王凤婷．数字化水平对农林上市企业经营绩效的影响[J]．中国农业大学学报，2023，28(12)：290-306
Xiong L C, Zhao L Y, Hou Z, Cheng B D, Wang F T. Influencing mechanism of digitalization level on the operating performance of agricultural listed enterprises[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(12): 290-306 (in Chinese)

[6] Kassar A N, Singh S K. Green innovation and organizational performance: The influence of big data and the moderating role of management commitment and HR practices[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 144(16): 483-498

[7] 霍春辉，吕梦晓，许晓娜．数字化转型“同群效应”与企业高质量发展：基于制造业上市公司的经验证据[J]．科技进步与对策，2023，40(4)：77-87
Huo C H, Lv M X, Xu X N. The peer effect of digital transformation and high-quality development of enterprises: The empirical evidence from the listed manufacturing companies[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2023, 40(4): 77-87 (in Chinese)

[8] 黄大禹，谢获宝，孟祥瑜，张秋艳．数字化转型与企业价值：基于文本分析方法的经验证据[J]．经济学家，2021(12)：41-51
Huang D Y, Xie H B, Meng X Y, Zhang Q Y. Digital transformation and enterprise value: Empirical evidence based on text analysis methods[J]. *Economist*, 2021(12): 41-51 (in Chinese)

[9] 梁超，祝运海．美的智造：传统制造业的数字化转型[J]．清华管理评论，2019(9)：106-113
Liang C, Zhu Y H. Midea smart manufacturing: Digital transformation of traditional manufacturing industry [J]. *Tsinghua Business Review*, 2019(9): 106-113 (in Chinese)

[10] 唐鹂鸣．数字化转型与企业技术创新：倒U型关系形成机理及其检验[J]．现代经济探讨，2022(12)：91-102
Tang L M. Digital transformation and enterprise technology innovation: The formation mechanism and testing of the inverted U-shaped relationship [J]. *Modern Economic Research*, 2022 (12): 91-102 (in Chinese)

[11] 余菲菲，曹佳玉，杜红艳．数字化悖论：企业数字化对创新绩效的双刃剑效应[J]．研究与发展管理，2022，34(2)：1-12
Yu F F, Cao J Y, Du H Y. Digitalization paradox: Double-edged sword effect of enterprise digitalization on innovation performance[J]. *Research and Development Management*, 2022, 34(2): 1-12 (in Chinese)

[12] 温涛，陈一明．数字经济与农业农村经济融合发展：实践模式、现实障碍与突破路径[J]．农业经济问题，2020，487(7)：118-129
Wen T, Chen Y M. Research on the digital economy and agriculture and rural economy integration: Practice pattern, realistic obstacles and breakthrough paths[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020, 487(7): 118-129 (in Chinese)

[13] 罗千峰，赵奇锋，张利庠．数字技术赋能农业高质量发展的理论框架、增效机制与实现路径[J]．当代经济管理，2022，44(7)：49-56
Luo Q F, Zhao Q F, Zhang L X. Realization path of digital technology enabling high-quality agricultural development[J]. *Contemporary Economy and Management*, 2022,44(7): 49-56 (in Chinese)

[14] 谢康，易法敏，古飞婷．大数据驱动的农业数字化转型与创新[J]．农业经济问题，2022，509(5)：37-48
Xie K, Yi F M, Gu F T. Big data-driven agricultural digital transformation and innovation[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2022, 509(5): 37-48 (in Chinese)

[15] 赵绍阳，李梦雪，余楷文．数字金融与中小企业融资可得性：来自银行贷款的微观证据[J]．经济学动态，2022(8)：98-116
Zhao S Y, Li M X, She K W. Digital finance and the access to credit for SMEs: Evidence from bank lending[J]. *Economic Perspectives*, 2022(8): 98-116 (in Chinese)

[16] Agrawal A, Gans J S, Goldfarb A. Artificial intelligence: The ambiguous labor market impact of automating prediction [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2): 31-50

[17] Gandomi A, Haider M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics [J]. *International Journal of Information Management*, 2015, 35(2): 137-144

[18] Brynjolfsson E, Mcelheran K. The rapid adoption of data-driven

decision-making[J]. *American Economic Review*, 2016, 106(5): 133-139

[19] Nadkarni S, Prugl R. Digital transformation: A review, synthesis and opportunities for future research [J]. *Management Review Quarterly*, 2021, 71(2): 233-341

[20] Brynjolfsson E, Rock D, Syverson C. The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies [J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2021, 13(1): 333-372

[21] Dranove D, Forman C, Goldfarb A, Greenstein S. The trillion dollar conundrum: Complementarities and health information technology [J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2014, 6(4): 239-270

[22] Oehmen J, Olechowski A, Kenley C R, Ben-Daya M. Analysis of the effect of risk management practices on the performance of new product development programs[J]. *Pergamon Press*, 2014,34(8): 441-453

[23] Narjess B, Sattar A M, Walid S. Political institutions, connectedness, and corporate risk-taking[J]. *Journal of International Business Studies*, 2013, 44(3): 195-215

[24] Croitoru A. The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2012, 3(1): 90-91

[25] Mao C X, Zhang C. Managerial risk-taking incentive and firm innovation: Evidence from FAS 123R [J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2018, 53(2): 867-898

[26] 刘少波，卢曼倩，张友泽. 数字化转型提升了企业风险承担的价值吗[J]. 首都经济贸易大学学报，2023，25(2)：61-80

Liu S B, Lu M Q, Zhang Y Z. Does digital transformation improve the value of enterprise's risk-taking [J]. *Journal of Capital University of Economics and Business*, 2023,25(2): 61-80 (in Chinese)

[27] Bernile G, Bhagwat V, Yonker S. Board diversity, firm risk, and corporate policies [J]. *Journal of Financial Economics*, 2018, 127(3): 588-612

[28] 谢康，吴瑶，肖静华，廖雪华. 组织变革中的战略风险控制：基于企业互联网转型的多案例研究[J]. 管理世界，2016，269(2)：133-148

Xie K, Wu Y, Xiao J H, Liao X H. Strategic risk control in organizational change: A multi-case study of organizational transformation towards internet[J]. *Management World*, 2016, 269(2): 133-148 (in Chinese)

[29] Marquis C, Tilcsik A. Imprinting: Toward a multilevel theory [J]. *The Academy of Management Annals*, 2013, 7(1): 195-245

[30] Jiang B, Murphy P J. Do business school professors make good executive managers[J]. *Academy of Management Perspectives*, 2007, 21(3): 29-50

[31] 郭玉冰，乔嘉元，郭好. 高管学术经历对企业社会责任履行的影响：基于烙印理论的机制研究[J]. 中国人力资源开发，2021，38(5)：84-100

Guo Y B, Qiao J Y, Guo H. The influence of executives' academic experience on corporate social responsibility performance: Based on imprinting theory[J]. *Human Resources Development of China*, 2021, 38(5): 84-100 (in Chinese)

[32] Friesenbichler K, Peneder M. Innovation, competition and productivity: Firm-level evidence for Eastern Europe and Central Asia [J]. *Economics of Transition*, 2016, 24(3): 535-580

[33] 王萍，李刚. 政策不确定性抑制了农业企业投资吗[J]. 农业技术经济，2021(8)：20-31

Wang P, Li G. Does policy uncertainty affect investment behavior of agricultural company[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(8): 20-31 (in Chinese)

[34] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社，2009—2020

National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistics Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009-2020 (in Chinese)

[35] 中华人民共和国国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京：中国统计出版社，2009—2020

National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China City Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009-2020 (in Chinese)

[36] 权小锋，尹洪英. 中国式卖空机制与公司创新：基于融资融券分步扩容的自然实验[J]. 管理世界，2017(1)：128-144，187-188

Quan X F, Yin H Y. Chinese short selling mechanism and corporate innovation: A natural experiment from Chinese margin trading program [J]. *Management World*, 2017(1): 128-144, 187-188 (in Chinese)

[37] 何瑛，于文蕾，杨棉之. CEO复合型职业经历、企业风险承担与企业价值[J]. 中国工业经济，2019(9)：155-173

He Y, Yu W L, Yang M Z. CEOs with rich career experience, corporate risk-taking and the value of enterprises[J]. *China Industrial Economics*, 2019(9): 155-173 (in Chinese)

[38] 周楷唐，麻志明，吴联生. 高管学术经历与公司债务融资成本[J]. 经济研究，2017，52(7)：169-183

Zhou K T, Ma Z M, Wu L S. Managerial academic experience and cost of debt [J]. *Economic Research Journal*, 2017, 52 (7): 169-183 (in Chinese)

[39] 王菲，刘天军，宋经翔. 数字经济发展能提高农业企业加成率吗：基于全国53196家农业企业的微观证据[J]. 山西财经大学学报，2022，44(11)：15-27

Wang F, Liu T J, Song J X. Can the development of digital economy increase the markup rate of agricultural enterprises: Micro evidence from nationwide 53196 agricultural enterprises [J]. *Journal of Shanxi University of Finance & Economics*, 2022, 44(11): 15-27 (in Chinese)

[40] Lind J T, Mehlum H. With or without U: The appropriate test for a U-shaped relationship [J]. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2010, 72(1): 109-118

[41] 庞瑞芝，刘东阁. 数字化与创新之悖论 数字化是否促进了企业创新：基于开放式创新理论的解释[J]. 南方经济，2022，396(9)：97-117

Pang R Z, Liu D G. The paradox of digitalization and innovation Does digitalization promote enterprise innovation: An explanation based on open innovation theory[J]. *South China Journal of Economics*, 2023, 396(9): 97-117 (in Chinese)

[42] 赵璨，曹伟，姚振晔，王竹泉. "互联网＋"有利于降低企业成本粘性吗[J]. 财经研究，2020，46(4)：33-47

Zhao C, Cao W, Yao Z Y, Wang Z Q. Will 'internet plus' help to reduce the cost stickiness of enterprises [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2020,46(4): 33-47 (in Chinese)

[43] 罗奇，陈梁，赵永亮. 数字基础设施建设与企业产能利用率：来自"宽带中国"战略的经验证据[J]. 产业经济研究，2022(5)：1-14

Luo Q, Chen L, Zhao Y L. Digital infrastructure construction and enterprise capacity utilization: Empirical evidence from the 'Broadband China' strategy[J]. *Industrial Economics Research*, 2022(5): 1-14 (in Chinese)

[44] Tang C, Xu Y, Hao Y, Wu H T, Xue Y. What is the role of telecommunications infrastructure construction in green technology innovation: A firm-level analysis for China[J]. *Energy Economics*, 2021, 103(1): 105576

[45] 叶永卫，李鑫，郭飞，邵传林. 数字化转型与企业经营成本变动[J]. 世界经济文汇，2023(2)：70-90

Ye Y W, Li X, Guo F, Shao C L. Digital transformation and changes in

enterprise operating costs[J]. *World Economic Papers*, 2023(2): 70-90 (in Chinese)

[46] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120
Jiang T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. *China Industrial Economics*, 2022(5): 100-120 (in Chinese)

[47] 董保宝. 风险需要平衡吗:新企业风险承担与绩效倒U型关系及创业能力的中介作用[J]. 管理世界, 2014(1): 120-131
Dong B B. Do risks need to be balanced: The inverted U-shaped relationship between risk taking and performance in new enterprises, and the mediating role of entrepreneurial ability[J]. *Management World*, 2014(1): 120-131 (in Chinese)

[48] Haans R F J, Pieters C, He Z L. Thinking about U: Theorizing and testing U-and inverted U-shaped relationships in strategy research[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7): 1177-1195

责任编辑：王岩

第一作者简介：熊立春，博士，副教授，浙江农林大学经济管理学院党委委员，国际经济与贸易专业负责人，兼任国家林业和草原局木材安全国家创新联盟副秘书长。主要从事林产品市场与贸易、林业产业经济、数字经济与贸易、资源与环境经济等领域研究工作。主持国家自然科学基金青年项目(72003179)、浙江省哲学社会科学重点项目(21NDYD069Z)，在 *Resources Conservation & Recycling*, *Structural Change and Economic Dynamics*, *Forest Policy and Economics*,《国际贸易问题》《国际贸易》《国际商务(对外经济贸易大学学报)》等国内外刊物上发表学术论文20余篇，出版学术专著1部，副主编身份编写教材2部，获得梁希林业科学技术奖二等奖、中国循环经济协会科学技术奖二等奖，近年来围绕数字经济、农林企业相关主题的研究形成系列成果。

通讯作者简介：王凤婷，博士，浙江农林大学经济管理学院农林经济管理学科副教授、硕士生导师，浙江省生态文明研究院兼职研究人员。长期从事农业农村发展、数字经济等领域的科研和教学工作。在本研究领域在SCI/SSCI、CSSCI等期刊上发表学术论文共计21篇。主持省部级、厅级等项目5项，参与国家自科、国家社科和教育部人文社科规划项目等各类项目10余项。出版2部著作，参与3部著作编写，曾获得“费孝通田野调查奖”省部级奖项1次，近年来围绕数字农业等相关主题的研究形成系列成果。